

Neumología y Cirugía de Tórax

Volumen
Volume **61**

Número
Number **1**

Enero-Marzo
January-March **2002**

Artículo:

Características de las curvas espiratorias flujo-volumen en residentes sanos de la ciudad de México

Derechos reservados, Copyright © 2002:
Sociedad Mexicana de Neumología y Cirugía de Tórax, AC

Otras secciones de este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

Others sections in this web site:

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Medigraphic.com



Características de las curvas espiratorias flujo-volumen en residentes sanos de la ciudad de México

Gloria Eugenia Torres,¹ Sonia Ramírez-Zapata,¹ José Juan Durán¹

RESUMEN **Antecedentes:** Las características de la curva flujo-volumen espiratoria máxima (MEFV) no se han determinado en residentes de la ciudad de México clínicamente sanos, lo que es importante considerando la altitud y contaminación atmosférica de esta ciudad. **Objetivo:** Analizar las curvas MEFV en sujetos sanos de la ciudad de México. **Métodos:** Entre 1991 y 1999 estudiamos 875 sujetos (481 mujeres, 394 hombres), la mayoría alumnos de licenciatura. Para las mediciones se usó un sistema de baja impedancia e inercia acoplado a una computadora. Los resultados se expresaron como porcentaje de los valores predichos por Ellis y col. **Resultados:** Las curvas MEFV fueron normales o con valores mayores que los predichos en 414 sujetos (47%), mostraron un patrón obstructivo en 362 (41%), restrictivo en 35 (4%) y mixto en 64 (7%). En comparación con las mujeres que tuvieron curva MEFV normal, las mujeres con curvas anormales fueron más jóvenes, las que mostraron patrón mixto tenían menor peso corporal, y las que mostraron patrón obstructivo tenían menor estatura. **Conclusiones:** Los datos muestran que hasta un 53% de los sujetos clínicamente sanos residentes de la ciudad de México tienen una curva MEFV anormal, y que la edad, el peso y la estatura se asocian con anomalías de la curva MEFV en mujeres.

Palabras clave: Curva flujo-volumen, curva MEFV, individuos sanos, pruebas de función pulmonar, ciudad de México.

ABSTRACT **Background:** Characteristics of the maximal expiratory flow-volume curve (MEFV) in healthy subjects from Mexico City have not been determined, which is important considering the altitude and atmospheric pollution of this city. **Objective:** To analyze the MEFV curves from healthy individuals living in Mexico city. **Methods:** 875 subjects (481 females, 394 males), most of them undergraduate alumni, were studied between 1991 and 1999. Measurements were done in a low-impedance, low-inertia system coupled to a computer. Results were expressed as percentage of values predicted by Ellis et al. **Results:** MEFV curves were normal or with values higher than predicted in 414 subjects (47%), showed an obstructive pattern in 362 (41%), a restrictive pattern in 35 (4%) and a mixed pattern in 64 (7%). Compared with women having a normal MEFV curve, those women with abnormal curves were younger, those with a mixed pattern had lower body weight, and those with an obstructive pattern had a shorter height. **Conclusions:** Our data showed that up to 53% of healthy subjects living in Mexico City had an abnormal MEFV curve, and that age, weight and height were associated with abnormalities in the MEFV curves in women.

Key words: Flow-volume curve, MEFV curve, healthy subjects, pulmonary function test, Mexico City.

INTRODUCCIÓN

La investigación de la función respiratoria en población aparentemente sana es una de las prioridades que ha sugerido la *American Thoracic Society* (ATS) para los próximos años.¹ La curva flujo-volumen producida durante una espiración máxima (curva MEFV) es considerada una herramienta útil para establecer las características y las variaciones de la mecánica respiratoria en sujetos sanos^{2,3} y poblaciones,^{3,4} para diagnosticar las anomalías mecánicas del sistema respiratorio, para

evaluar la evolución de la enfermedad, ya sea aguda o crónica, y para detectar el efecto del tratamiento.⁵⁻⁷ La configuración de la curva^{8,9} y los valores obtenidos con una técnica adecuada deben ser comparados con valores de referencia, que idealmente deberían corresponder a sujetos de una población con características similares en cuanto a edad, sexo, estatura, peso, etnia y hábitat geográfico.¹⁰⁻¹⁴ Es de máxima importancia que la técnica, las mediciones y los equipos llenen los criterios de calidad establecidos por la ATS y la *American Physiological Society* (APS).^{5,9,14} Además, debe tenerse en mente la magnitud de la variabilidad intersujeto e intersujeto de la curva MEFV.¹⁵ En México nuestro grupo ha hecho algunas determinaciones de la capacidad vital cronometrada,^{16,17} pero éstas han sido con técnicas y aparatos diferentes, de modo que no son adecuadas como valores de referencia. Con la intención inicial de definir las características de las curvas MEFV

¹ Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México D.F., México.

Correspondencia y solicitud de sobretiros: Dra. Gloria Eugenia Torres. Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana (Xochimilco). Calzada del Hueso 1100, CP 04970, México D.F., México. Correo electrónico: gtorres@cueyatl.uam.mx

estudiámos una población de individuos clínicamente sanos residentes de la ciudad de México. En una primera muestra estudiada en 1991 encontramos una proporción relativamente alta de sujetos con anormalidades espirométricas, por lo que decidimos extender nuestro estudio por varios años más con el fin de obtener una muestra más amplia de la población, que nos permitiera corroborar o descartar la existencia de dichas anormalidades en las curvas MEFV. Los resultados finales de esta evaluación constituyen la base de la presente publicación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población estudiada

Entre 1991 y 1999 se realizaron pruebas de función pulmonar a un total de 875 individuos clínicamente sanos. La población estuvo compuesta principalmente de estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana, localizada en el sur de la ciudad de México. La muestra estuvo constituida por conglomerados tomados al azar (todos los estudiantes asignados a un determinado profesor). Puesto que en esta institución, la asignación de los estudiantes a los profesores se hace de forma automática por una computadora, consideramos que la composición de la población de estudio no tiene sesgo de selección. Algunos trabajadores de la misma institución también fueron incluidos en el estudio para aumentar los límites de edad de la muestra. Los criterios de inclusión fueron: sujetos clínicamente sanos y sin enfermedad o sintomatología respiratorias, al menos durante las dos semanas previas al estudio. Todos los participantes firmaron una carta de consentimiento informado y llenaron un cuestionario acerca de datos clínicos, historia de enfermedades respiratorias y otra información que pudiera influir en el estado del aparato respiratorio y que nos permitiera clasificarlos como "sanos".

Se utilizó un equipo Pneumoscope Jaeger (versión 3) para elaborar las curvas MEFV. Este equipo posee las características requeridas por la ATS.⁹ Un programa de computadora analizó los datos, calculó los valores reales y dibujó las curvas flujo-volumen y tiempo-volumen.¹⁸ También calculó los valores predichos para cada sujeto de acuerdo con los valores de referencia propuestos por Ellis y col.,¹² tomando en cuenta el sexo, la edad, el peso y la estatura. Los valores fueron expresados en condiciones BTPS. Las cifras de la presión barométrica, la humedad y la temperatura, registradas al momento del estudio, fueron introducidas en el programa antes de cada calibración estándar del aparato con una jeringa de 2 litros.

Antes de iniciar cada estudio, y siguiendo las guías propuestas por la ATS y la APS,^{5,9} los sujetos permane-

cieron por lo menos una hora en el área de la universidad donde se localiza el laboratorio, tiempo suficiente para que el aire alveolar alcance el equilibrio con el aire inspirado.¹⁹ Cada participante fue pesado y medido, y estos datos fueron introducidos en el aparato para los cálculos de los valores predichos. Todos los estudios se efectuaron por la mañana o al inicio de la tarde para evitar modificaciones atribuibles a variaciones circadianas.^{20,21} A los sujetos se les dieron explicaciones detalladas de la maniobra a efectuar, mismas que ya hemos descrito en otras publicaciones,²² y que básicamente consisten en instruir al sujeto para que tome una inspiración a su máxima capacidad pulmonar, seguida de una exhalación lo más rápida posible.²³ Se utilizó una pinza nasal para asegurarnos que no hubiera fugas de aire por la nariz. La maniobra se repitió tantas veces como fue necesario para obtener por lo menos dos curvas MEFV que tuvieran forma apropiada y superimpuestas completamente, lo cual se logró habitualmente con un máximo de cuatro intentos. Se les pidió a los sujetos que entre las maniobras respiraran normalmente para evitar hiperventilación e hipocapnia, con sus consecuencias mecánicas.^{24,25} La computadora registró todos los esfuerzos hechos por el sujeto y seleccionó los mayores valores, filtrando las variaciones, de modo que la curva final fue ajustada y mostró el mejor esfuerzo hecho por el sujeto en cualquier parte de la curva MEFV.^{26,27} Durante la maniobra se animó enfáticamente a cada individuo para que hiciera un esfuerzo respiratorio máximo. La reproducibilidad de las curvas MEFV con el personal y el equipo usado se corroboró comparando los resultados de hasta cinco pruebas en 6 sujetos en el mismo día, y repitiendo el proceso durante los 5 días subsecuentes en los mismos sujetos. Esto se efectuó al inicio de cada nueva muestra de sujetos.

Las variables de las curvas MEFV que se analizaron fueron las sugeridas por la APS²⁸ y la ATS,⁹ y que incluyen: capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio forzado a 0.5 s de la FVC (FEV_{0.5}), volumen espiratorio forzado a 1 s de la FVC (FEV₁), flujo espiratorio forzado al 75%, 50% y 25% de la FVC (FEF₇₅, FEF₅₀ y FEF₂₅, respectivamente), y el flujo espiratorio máximo (PEF). Además, también se midió la resistencia de las vías aéreas (Raw). Esta última medición se realizó en el mismo sistema con el método del flujo interrumpido, el cual consiste en que el aparato de manera automática desliza un diafragma que ocuye la luz del neumotacógrafo por 2 s, lo que impide el flujo; la presión registrada en ese momento tiene un valor inferior a la que existía y esa diferencia se relaciona con el flujo instantáneo y en consecuencia refleja la resistencia de las vías aéreas. Se pidió al sujeto que respirara lentamente para evitar los efectos de la frecuencia elevada.

Criterios de clasificación

Las curvas MEFV fueron clasificadas como normales cuando todas las variables analizadas mostraban valores de 80% o superiores a los calculados para sujetos sanos con las mismas características antropométricas, de acuerdo a los valores de referencia propuestos por Ellis y col.¹² Las curvas MEFV se consideraron anormales cuando dos o más variables mostraban valores menores al 80% de los predichos. Las curvas anormales fueron clasificadas de acuerdo con los criterios aceptados por Fishman y otros²⁹⁻³¹ en: a) Alteraciones restrictivas (RES), cuando la única variable alterada fue la FVC, es decir, cuando ésta mostró valores de 79% o menos de los predichos. b) Alteraciones obstructivas (OBS), que fueron diagnosticadas cuando dos o más de las variables dinámicas ($FEV_{0.5}$, FEV_1 , FEF_{75} , FEF_{50} , FEF_{25} y PEF), pero no la FVC, mostraban valores de 79% o menos de lo predicho. c) Alteraciones mixtas (MIX), es decir, tanto restrictivas como obstructivas, cuando había disminución tanto de la FVC como de las variables dinámicas.

Análisis estadístico

Los datos se evaluaron principalmente a través de ANOVA, seguido de análisis de comparación múltiple mediante la prueba de Tukey. Las variables categóricas se evaluaron usando la prueba exacta de Fisher. Las pruebas estadísticas fueron hechas con los programas JMP, Epi-Info 2000 (*Centers for Disease Control and Prevention*, Atlanta, y *World Health Organization*, Ginebra) e inerSTAT-a (Instituto Nacional de Enfermedades Respirato-

rias, México). La significancia estadística se fijó a $p < 0.05$ bimarginalmente. Los datos en el texto y los cuadros corresponden a promedio \pm desviación estándar.

RESULTADOS

Encontramos que solamente el 47% de las 875 curvas fueron clasificadas como normales, siendo el 53% restante anormales, de acuerdo a los criterios ya mencionados. Las principales características de la población estudiada se muestran en los cuadros 1 y 2. La proporción de resultados anormales fue estadísticamente mayor en mujeres que en hombres, ya que 335 de las 481 mujeres (es decir, el 69.9% de ellas) llenaron los criterios para clasificar sus pruebas como OBS, RES o MIX, comparadas con 125 de los 394 hombres (es decir, 31.7%, $p < 10^{-6}$). En ambos sexos la principal alteración observada fue el patrón OBS, que fue alrededor de 5 a 10 veces más frecuente que los otros patrones anormales.

El hábito tabáquico fue de intensidad mínima o moderada, y se encontró en aproximadamente el 36% de los hombres y el 24% de las mujeres, y para cada género este hábito se distribuyó por igual entre los sujetos con curvas normales, OBS, RES y MIX. En las mujeres, mas no en los hombres, los sujetos con una curva MEFV anormal fueron más jóvenes que aquellos con resultados normales. Además, y nuevamente sólo en las mujeres, hubo una tendencia a tener menor peso (55.5 ± 9.2 kg, $p < 0.01$) en las personas que tuvieron un patrón MIX y una menor estatura (157.4 ± 7.0 cm, $p < 0.05$) entre aquéllas con patrón OBS, en comparación con mujeres con curvas MEFV normales (60.2 ± 9.5 kg y 159.6 ± 7.7 cm, respectivamente).

Cuadro 1. Características de la población femenina estudiada, agrupada de acuerdo a los resultados de sus pruebas de función pulmonar.

	Grupos según las pruebas de función pulmonar				
	Normal (n = 146)	OBS (n = 266)	RES (n = 25)	MIX (n = 44)	Total (n = 481)
Fumadoras	33 (22.6%)	64 (24.1%)	5 (20.0%)	13 (29.5%)	115 (23.9%)
Edad (años)	27.4 ± 11.4	23.6 ± 8.7 **	20.7 ± 1.8 **	21.4 ± 3.7 **	24.4 ± 9.3
Peso (kg)	60.2 ± 9.5	58.6 ± 9.7	56.8 ± 10.1	55.5 ± 9.2 **	58.7 ± 9.7
Estatura (cm)	159.6 ± 7.7	157.4 ± 7.0 *	157.6 ± 6.1	158.0 ± 5.6	158.2 ± 7.1
$FEV_{0.5}$	105.1 ± 13.7	79.0 ± 20.2	85.8 ± 12.2	68.9 ± 16.4	86.4 ± 21.9
FEV_1	107.4 ± 13.6	89.3 ± 15.6	92.1 ± 10.9	73.3 ± 12.9	93.5 ± 17.8
FVC	102.9 ± 14.6	98.1 ± 14.2	72.2 ± 12.3	69.8 ± 11.8	95.6 ± 17.5
FEF_{75}	108.0 ± 20.6	73.9 ± 22.7	85.6 ± 19.0	66.3 ± 19.6	84.2 ± 26.9
FEF_{50}	111.1 ± 18.7	74.1 ± 21.8	89.4 ± 18.6	68.2 ± 18.6	85.6 ± 26.8
FEF_{25}	107.8 ± 22.0	63.5 ± 17.6	83.3 ± 23.7	61.5 ± 18.3	77.8 ± 28.1
PEF	105.6 ± 23.0	71.3 ± 22.3	83.2 ± 18.5	64.3 ± 18.8	81.6 ± 27.3
Raw	0.30 ± 0.10	0.39 ± 0.18	0.35 ± 0.11	0.38 ± 0.12	0.36 ± 0.16

Los valores corresponden a frecuencia (%) o a promedio \pm desviación estándar. Todas las variables espiratorias fueron estadísticamente diferentes entre los grupos. * $p < 0.05$ y ** $p < 0.01$, en comparación con el grupo Normal

Cuadro 2. Características de la población masculina estudiada, agrupada de acuerdo a los resultados de sus pruebas de función pulmonar.

	Grupos según las pruebas de función pulmonar				
	Normal (n = 269)	OBS (n = 96)	RES (n = 10)	MIX (n = 19)	Total (n = 394)
Fumadores	92 (34.2%)	37 (38.5%)	3 (30%)	11 (57.9%)	143 (36.3%)
Edad (años)	23.7 ± 6.7	24.3 ± 9.5	21.0 ± 2.3	23.1 ± 4.7	23.7 ± 7.4
Peso (kg)	67.6 ± 10.9	67.6 ± 12.5	67.2 ± 8.8	67.8 ± 17.9	67.6 ± 11.6
Estatura (cm)	169.7 ± 7.5	170 ± 9.4	172.9 ± 5.5	168.6 ± 8.3	169.8 ± 8.0
FEV ₀₅	108.6 ± 13.5	78.3 ± 21.0	99.3 ± 9.1	63.7 ± 18.0	98.8 ± 21.8
FEV ₁	109.8 ± 12.6	88.7 ± 16.7	94.0 ± 5.9	67.0 ± 13.9	102.2 ± 18.2
FVC	102.9 ± 12.5	101.1 ± 14.7	77.5 ± 5.7	61.0 ± 18.7	99.8 ± 16.4
FEF ₇₅	112.0 ± 18.3	75.5 ± 22.4	99.0 ± 18.4	62.7 ± 20.8	100.4 ± 26.2
FEF ₅₀	116.3 ± 16.3	73.8 ± 20.9	97.2 ± 21.6	72.8 ± 22.5	103.4 ± 26.3
FEF ₂₅	111.7 ± 20.8	67.5 ± 23.4	100.6 ± 19.9	76.2 ± 17.6	98.9 ± 28.8
PEF	108.7 ± 20.0	72.4 ± 25.1	100.5 ± 18	60.4 ± 19.4	97.3 ± 27.5
Raw	0.26 ± 0.08	0.36 ± 0.14	0.35 ± 0.15	0.45 ± 0.12	0.29 ± 0.12

Los valores corresponden a frecuencia (%) o a promedio ± desviación estándar. Todas las variables espiratorias fueron estadísticamente diferentes entre los grupos

Los cuadros 1 y 2 también muestran los valores obtenidos para cada componente de la curva MEFV y la Raw, agrupados de acuerdo a la clasificación previamente descrita. Como era esperado, en todas las variables de las curvas MEFV analizadas hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las curvas clasificadas como normales y las catalogadas como anormales.

DISCUSIÓN

En este estudio nuestro principal hallazgo fue una frecuencia excesivamente elevada de anormalidades en las curvas MEFV de una muestra poblacional de la ciudad de México. Este resultado fue sorprendente, tomando en consideración que los sujetos incluidos en el estudio eran “clínicamente sanos” de acuerdo al cuestionario aplicado antes de los estudios funcionales, y considerando que todos los parámetros obtenidos de la curva MEFV se normalizaron para compararlos con sus valores de referencia obtenidos en poblaciones grandes de sujetos sanos. Algunos estudios previos, sin embargo, han detectado a sujetos clínicamente sanos con curvas MEFV “anormales”.³²⁻³⁴ Ciertos autores sugieren que esta tradición aparente podría ser debida a factores metodológicos,³⁵⁻³⁷ mientras que otros consideran que puede ser explicada por una modificación fisiológica o patológica real en la resistencia de las vías aéreas.^{30,32,38-40} En nuestro estudio la metodología y los procedimientos técnicos se revisaron cuidadosamente siguiendo las guías emitidas por la ATS.^{9,14,41} Además, previamente corroboramos que nuestra variabilidad intrasujeto es relativamente baja (alrededor del 5%), lo cual, junto con la baja dispersión de los valores obtenidos en este estudio, sugiere una

buena reproducibilidad en el grupo. Más aún, en las curvas MEFV anormales los valores del FEF₂₅ frecuentemente mostraron alteraciones. Este hecho tiene particular importancia porque los eventos terminales de una espiración forzada (de los cuales el FEF₂₅ es uno de los principales) son independientes del esfuerzo del sujeto^{5,15,28} y, en consecuencia, difícilmente tiene artificios técnicos. Por lo tanto, el hecho de que el FEF₂₅ haya tenido anomalías frecuentes apoya la posibilidad de que el resto de las anormalidades vistas en la curva MEFV sean reales. Consideramos, entonces, que los valores observados en nuestro estudio en verdad reflejan cambios en la función pulmonar.

El origen de estas anormalidades en la curva MEFV es difícil de explicar. Solamente incluimos sujetos con deseos de cooperar, que fueron asintomáticos al menos durante las dos semanas previas al estudio y que estaban realizando sus ocupaciones habituales. Sin embargo, este criterio no garantiza que estén dentro de lo considerado fisiológicamente normal. Se ha encontrado que los pacientes pueden tener hasta un 50% de reducción en su PEF sin presentar síntomas.^{42,43} Por lo tanto, definitivamente no podemos excluir la presencia de una anormalidad funcional pulmonar. Sin embargo, la prevalencia de anormalidades en las curvas MEFV fue tan alta que fácilmente excede la prevalencia de cualquier enfermedad respiratoria crónica conocida, tales como el asma, lo que hace poco probable que en estos sujetos exista una enfermedad pulmonar que implique anomalías estructurales, aunque bien pudiera corresponder a una alteración funcional.

Los efectos deletéreos de la contaminación del aire están fuera de duda,^{44,45} pero los mecanismos reales por

los cuales éstos ocurren en el sistema respiratorio y en qué sitio actúan no se han definido con precisión.⁴⁶⁻⁴⁸ Tomando en cuenta que la ciudad de México es una de las ciudades más contaminadas del mundo, este factor obviamente constituye una causa potencial de las anormalidades de las curvas MEFV. Nuestro estudio fue hecho durante varios años consecutivos. El hecho de que hayamos encontrado las anormalidades de las curvas MEFV en diferentes épocas del año, sugiere que los cambios en las condiciones estacionales no son el origen de este fenómeno. Más bien, las causas parecen ser ambientales, como podría ser la contaminación del aire. Sin embargo, se requieren más estudios para determinar el posible papel, si es que tiene alguno, de la contaminación atmosférica en estas anormalidades.

Hay otros factores que pueden favorecer la presencia de alteraciones respiratorias en sujetos aparentemente sanos. Cunningham y col.⁴⁹ estudiaron 15,693 niños entre 8 y 12 años de edad y encontraron que aquellos niños nacidos de madres que fumaron durante su embarazo tuvieron valores más bajos de la función pulmonar, medida por espirometría, en comparación con los hijos de madres no fumadoras. En este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en otras variables.

En las mujeres observamos una relación entre las variables antropométricas, tales como la estatura y el peso, con las anormalidades de la curva MEFV. Comparadas con las mujeres que tenían una curva MEFV normal, aquéllas con un patrón OBS fueron de estatura más baja, y aquéllas con patrón MIX tenían menos peso corporal. La relación entre estatura baja y valores bajos de conductancia aérea ya ha sido señalada anteriormente en 1968 por Guyatt y col.³³ Más tarde, Cook y col.⁵⁰ encontraron en un estudio de 3,040 sujetos que aquéllos con mayor estatura tenían menos síntomas respiratorios y mayores valores del PEF. Por otro lado, se ha descrito una relación entre la presión de retracción elástica y el volumen pulmonar con la curva MEFV,³⁸ de modo que esto podría explicar parcialmente la asociación de estas anormalidades en sujetos con patrón OBS. Incluso se ha sugerido que los factores genéticos que determinan la estatura influyen sobre la reactividad de las vías aéreas.⁵¹ Se ha encontrado que el tamaño del cuerpo, con baja estatura, pudiera ser un factor asociado con enfermedades cardiovasculares, teniendo incluso un valor predictivo especialmente de desarrollo de hipertensión arterial. También se ha observado relación entre la estatura baja y una frecuencia mayor de baja FVC y un bajo FEV₁ en relación a los valores teóricos normales, a pesar de que esta relación se calcula con base en la estatura, peso, edad y sexo del sujeto.⁵²⁻⁵⁴ Por lo tanto, quizás el peso corporal y la estatura bajos para la edad

del sujeto deberán tomarse en cuenta como factores que potencialmente modifican los datos obtenidos en los estudios de la función pulmonar.

Contrastando con aquellos sujetos que tenían valores bajos en sus curvas MEFV, también fuimos capaces de identificar otro grupo de sujetos que tenían valores más alto de lo predicho, ya que la relación entre lo real y lo esperado era mayor del 120%. Así, entre los sujetos con curvas MEFV normales, del 13% al 34% de las mujeres y del 10% al 43% de los hombres tenían uno o más de los parámetros de las curvas MEFV más alto que lo esperado. Esta función pulmonar aparentemente mayor de lo normal puede deberse al hecho de que los valores de referencia fueron tomados de los informados por Ellis y col.¹² que correspondieron a sujetos que vivían a nivel del mar. Esta divergencia sugiere que la densidad menor del aire de la ciudad de México, debido a su localización a 2,240 m sobre el nivel del mar, influye sobre los parámetros dinámicos de la MEFV. En este contexto, estudios previos han mostrado que una menor densidad del aire aumenta las mediciones dinámicas^{13,55,56} y que, al contrario, una mayor densidad del aire las disminuye.⁵⁷

En conclusión, en este estudio encontramos que sujetos clínicamente sanos de la Ciudad de México con elevada frecuencia muestran alteraciones en sus curvas MEFV, principalmente con un patrón obstructivo, cuyo origen debe ser aclarado en futuras investigaciones. Además, encontramos que las curvas MEFV tenían valores mayores que los estudiados a nivel del mar, probablemente debido a una menor densidad del aire a la altitud de la ciudad de México, y que había una correlación entre la estatura y las anormalidades de la MEFV, de modo que sujetos con alteraciones mecánicas tuvieron menor estatura que aquéllos con curvas MEFV normales.

REFERENCIAS

1. American Thoracic Society. Future directions for research on diseases of the lung. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152:1713-1735.
2. Green M, Mead J, Hoppin F, Wohl ME. Analysis of the forced expiratory maneuver. Chest 1973; 63: 33S-36S.
3. Higgins B. Peak expiratory flow variability in the general population. Eur Respir J (Suppl) 1997; 24: 45S-48S.
4. Lebowitz MD, Sherril DL, Kaltenborn WS, Burrows B. Peak expiratory flow from maximum expiratory flow volume curves in a community population: cross-sectional and longitudinal analyses. Eur Respir J (Suppl) 1997; 24: 29S-38S.
5. Anthonisen RN. Test of mechanical function. In: Fishman A, editor. The respiratory system. Bethesda: American Physiological Society; 1983. p. 753.
6. Bass H. The flow volume loop: normal standards and abnormalities in chronic obstructive pulmonary disease. Chest 1973; 63: 171-176.

7. Johanson WG, Pierce AK, Sanford JP. Pulmonary function in uncomplicated influenza. *Am Rev Respir Dis* 1969; 100: 141-146.
8. Mead J. Analysis of the configuration of maximum expiratory flow-volume curves. *J Appl Physiol* 1978; 44: 156-165.
9. American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1107-1136.
10. Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Respir Dis* 1971; 103: 57-61.
11. Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, Burrows B. Normal standards, variability, and effects of age. *Am Rev Respir Dis* 1976; 113: 587-600.
12. Ellis JH, Perera SP, Levin DC. A computer program for calculation and interpretation of pulmonary function studies. *Chest* 1975; 68: 209-213.
13. Gautier H, Peslin A, Grassino J, et al. Mechanical properties of the lungs during acclimatization to altitude. *J Appl Physiol* 1982; 52: 1407-1415.
14. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123: 659-664.
15. Clement J, Van de Woestijne KP. Variability of maximum expiratory flow volume curves and effort independency. *J Appl Physiol* 1971; 31: 55-62.
16. Sanchez EJ. Determinación de los valores normales de la capacidad vital, capacidad respiratoria máxima y capacidad vital cronometrada en la Ciudad de México (Tesis para obtener el título de Médico Cirujano). México: Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México; 1967.
17. Torres GE. Tipos y mecanismos productores de la insuficiencia respiratoria. Frecuencia en la Ciudad de México. *Arch Inst Cardiol Mex* 1966; 36: 200-224.
18. Dickman ML, Schmidt CD, Gardner RM, Marshall HW, Day WC, Warner HR. On-line computerized spirometry in 738 normal adults. *Am Rev Respir Dis* 1969; 100: 780-790.
19. Torres GE, Emerson P. The effects of intermittent positive pressure breathing on the intrapulmonary distribution of inspired air. *Am J Med* 1960; 6: 949-952.
20. Brand PL, de Gooijer A, Postma DS. Changes in peak expiratory flow in healthy subjects and in patients with obstructive lung disease. *Eur Respir J (Suppl)* 1997; 24: 69S-71S.
21. Lebowitz MD, Krzyzanowski M, Quackenboss JJ, O'Rourke MK. Diurnal variation of PEF and its use in epidemiological studies. *Eur Respir J (Suppl)* 1997; 24: 49S-56S.
22. Torres GE. Insuficiencia respiratoria. México: Prensa Médica Mexicana; 1991.
23. Bubis MJ, Sigurdson M, McCarthy DS, Anthonisen NR. Differences between slow and fast vital capacity in patients with obstructive disease. *Chest* 1980; 77: 626-631.
24. Newhouse TM, Becklake MR, Macklem TP. Effect of alterations of end tidal CO_2 tension on flow resistance. *J Appl Physiol* 1974; 19: 745.
25. Saunders NA, Betts MF, Pengelly LD, Rebuck AS. Changes in lung mechanical induced by acute isocapnic hypoxia. *J Appl Physiol* 1977; 42: 413-419.
26. Bruce EN, Jackson AC. Smoothing of MEFV curves by digital filtering of flow as a function of volume. *J Appl Physiol* 1980; 48: 202-206.
27. Lisboa C, Roos WR, Jardim J, Macklem PT. Pulmonary pressure-flow curves measured by a data-averaging circuit. *J Appl Physiol* 1979; 47: 621-627.
28. Hyatt RE. Forced expiration. In: Fishman AP, editor. *The respiratory system. III: 1 Mechanics of respiration*. Bethesda: American Physiological Society; 1983. p. 295.
29. Fishman AP. Manifestations of respiratory disorders. In: Fishman AP, editor. *Pulmonary diseases and disorders*. New York: McGraw-Hill; 1980, p. 44.
30. Mead J, Turner MJ, Macklem TP, Little JB. Significance of the relationship between lung recoil and maximum expiratory flow. *J Appl Physiol* 1967; 22: 95-108.
31. Metzger FL, Altose DM, Fishman PA. Evaluation of pulmonary performance. In: Fishman AP, editor. *Pulmonary diseases and disorders*. New York: McGraw-Hill; 1980, p. 44.
32. Guyatt AR, Alpers JH. Factors affecting airway conductance: a study of 752 working men. *J Appl Physiol* 1968; 24: 310-316.
33. Guyatt AR, Siddorn JA, Brash HM, Flenley DC. Reproducibility of dynamic compliance and flow-volume curves in normal men. *J Appl Physiol* 1975; 39: 341-348.
34. Hyatt RE, Black LF. The flow-volume curve. *Am Rev Respir Dis* 1973; 107: 191-199.
35. McNaughton PJ. Portable peak flow meters. *Eur Respir J* 1997; 9: 26S.
36. Miller MR, Pedersen OF. The peak flow working group: the characteristics and calibration of devices for recording peak expiratory flow. *Eur Respir J* 1997; 24: 17S-22S.
37. Pedersen FO, Miller RM. The peak flow working group: test of portable peak flow meters by explosive decompression. *Eur Respir J* 1997; 24: 23S-25S.
38. Mansell AL, Bryan AC, Levison H. Relationship of lung recoil to lung volume and maximum expiratory in normal children. *J Appl Physiol* 1977; 42: 817-823.
39. Pedersen OF. The peak flow working group: physiological determinants of peak expiratory flow. *Eur Respir J* 1997; 24: 11S-16S.
40. Pedersen OF, Miller RM. The peak flow working group: the definition of peak expiratory flow. *Eur Respir J* 1997; 24: 9S-10S.
41. Britton J. Measurement of peak flow variability in community populations: methodology. *Eur Respir J* 1997; 24: 42S-44S.
42. Burge PS. The relationship between peak expiratory flow and respiratory symptoms. *Eur Respir J* 1997; 24: 67S-68S.
43. Sly PD. Relationship between change in PEF and symptoms: questions to ask in pediatric clinics. *Eur Respir J* 1997; 24: 80S-83S.
44. Paoletti P, Paggiaro PL, Lebowitz MD. Environmental factors in PEF variability. *Eur Respir J* 1997; 24: 64S-66S.
45. Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 185-194.
46. Paz C. Some consequences of ozone exposure on health. *Arch Med Res* 1997; 28: 163-170.
47. Schindler C, Ackermann-Liebrich U, Leuenberger P, et al. Associations between lung function and estimated aver-

- age exposure to NO_2 in eight areas of Switzerland. The SAPALDIA Team. Swiss study of air pollution and lung diseases in adults. *Epidemiology* 1998; 9: 405-411.
48. Takata S, Aizawa H, Inoue H, Koto H, Hara N. Ozone exposure suppresses epithelium-dependent relaxation in feline airway. *Lung* 1995; 173: 47-56.
49. Cunningham R, Dockery WD, Speizer EF. Maternal smoking during pregnancy as a predictor of lung function in children. *Am J Epidemiol* 1994; 139: 1139.
50. Cook NR, Hebert PR, Satterfield S, Taylor JO, Buring JE, Hennekens CH. Height, lung function, and mortality from cardiovascular disease among the elderly. *Am J Epidemiol* 1994, 139: 1066-1076.
51. Green M, Mead J, Turner MJ. Variability of maximum expiratory flow-volume curves. *J Appl Physiol* 1974; 37: 67-74.
52. Rich-Edwards JW, Manson JE, Stampfer MJ, et al. Height and the risk of cardiovascular disease in women. *Am J Epidemiol* 1995; 142: 909-917.
53. Rimm EB, Stampfer MJ, Giovannucci E et al. Body size and fat distribution as predictors of coronary heart disease among middle-aged and older US men. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 1117-1127.
54. Selby JV, Friedman GD, Quesenberry CP. Precursors of essential hypertension: pulmonary function, heart rate, uric acid, serum cholesterol, and other serum chemistries. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 1017-1027.
55. Guillemi S, Wright JL, Hogg JC, Wiggs BR, Macklem PT, Pare PD. Density dependence of pulmonary resistance: correlation with small airway pathology. *Eur Respir J* 1995; 8: 789-794.
56. Lisboa C, Wood LD, Jardim J, Macklem PT. Relation between flow, curvilinearity, and density dependence of pulmonary pressure-flow curves. *J Appl Physiol* 1980; 48: 878-885.
57. Hrncir E. Flow resistance of airways under hyperbaric conditions. *Physiol Res* 1996; 45:153-158.